



Comparação entre protocolos diretos e indiretos de avaliação da aptidão aeróbia em indivíduos fisicamente ativos

Luiz Gustavo da Matta Silva¹, Mateus Elias Pacheco¹, Carmen Sílvia Grubert Campbell^{1,2}, Vilmar Baldissera³ e Herbert Gustavo Simões^{1,2}

RESUMO

O limiar anaeróbio individual (IAT), o limiar glicêmico individual (IGT), a velocidade associada ao $\dot{V}O_{2max}$ (V_{max}), a velocidade média em corrida de 3.000m (V_{m3km}) e a velocidade crítica (VC) têm sido utilizados na avaliação aeróbia e prescrição de exercício para atletas-corredores. No entanto, estudos comparando estes parâmetros e sua possível aplicação para indivíduos não atletas ainda não foram realizados. Os objetivos do presente estudo foram comparar e estabelecer as relações entre IAT, IGT, V_{max} , V_{m3km} e VC em indivíduos fisicamente ativos não atletas. Onze indivíduos fisicamente ativos e saudáveis ($20,7 \pm 1,8$ anos; $74,2 \pm 14,5$ kg; $48,9 \pm 5,8$ mlO₂.kg.min⁻¹) realizaram randomicamente os seguintes testes de corrida em dias distintos: 1) determinação da V_{m3km} a partir do desempenho em corrida de 3.000m; 2) desempenho em corrida de 500m e 3) teste incremental em esteira ergométrica para determinação do IAT, IGT, $\dot{V}O_{2max}$ e V_{max} . A VC foi determinada por regressão linear (relação distância-tempo) a partir dos testes de 3km e 500m. Não foram verificadas diferenças entre as velocidades do IAT e IGT ($184,8 \pm 27,7$ e $182,8 \pm 27,9$ m.min⁻¹; $P > 0,05$), e entre V_{max} e V_{m3km} ($211,1 \pm 30$ e $213,4 \pm 32,2$ m.min⁻¹; $P > 0,05$). Apesar da alta correlação entre as variáveis estudadas, a VC ($199,8 \pm 30,4$ m.min⁻¹) superestimou o IAT e o IGT ($P < 0,001$). Concluímos que a V_{m3km} pode ser utilizada como referência de V_{max} e que a VC identificada em pista pode ser útil para avaliar a aptidão aeróbia e identificar domínios de intensidade de exercício para indivíduos jovens fisicamente ativos, mas não como referência de limiar anaeróbio.

ABSTRACT

Comparison between direct and indirect protocols of aerobic fitness evaluation in physically active individuals

The individual anaerobic threshold (IAT), individual glucose threshold (IGT), critical velocity (CV), and the velocity associated to $\dot{V}O_{2max}$ (V_{max}) and to 3,000 m running performance (V_{m3km}) have been used for the aerobic evaluation and exercise prescription in runners. However, a comparison of these variables and their usefulness for physically active non-athletes individuals were not investi-

1. Laboratório de Fisiologia do Exercício – Universidade de Mogi das Cruzes, SP.
2. Programa de Pós-Graduação Stricto-Sensu em Educação Física, Universidade Católica de Brasília, DF.
3. Departamento de Ciências Fisiológicas – Universidade Federal de São Carlos, SP.

Recebido em 5/1/05. 2ª versão recebida em 28/4/05. Aceito em 12/5/05.

Endereço para correspondência: Dr. Herbert Gustavo Simões, Universidade Católica de Brasília, Programa de Mestrado em Educação Física, Sala G 115, QS07, LT 01 S/N EPCT Águas Claras – 72030-170 – Taguatinga, DF. Voiced: (55 61) 3569330, fax: (55 61) 356 9350. E-mail: hsimoes@pos.ucb.br

Palavras-chave: Limiar anaeróbio individual. Limiar glicêmico individual. Velocidade crítica. V_{max} . Desempenho.

Key words: Individual anaerobic threshold. Individual glucose threshold. Critical velocity. V_{max} . Performance.

Palabras-clave: Umbral anaeróbico individual. Umbral glucêmico individual. Velocidad crítica. V_{max} . Desempeño deportivo.

gated yet. The objectives of this study were to compare and to verify the relationship between V_{max} , V_{m3km} , CV, IAT and IGT in physically active non-athlete individuals. Eleven healthy and physically active individuals (20.7 ± 1.8 yr., 74.2 ± 14.5 kg, 48.9 ± 5.8 mlO₂.kg.min⁻¹), randomly accomplished to the following running tests on different days: 1) 3,000 m performance for V_{m3km} ; 2) an all-out 500 m running track and 3) an incremental treadmill test for IAT, IGT, $\dot{V}O_{2max}$ and V_{max} determination. The CV was determined by linear regression (distance-time relation) by using the 3,000 m and 500 m running tests. The running velocities corresponding to IAT, IGT, V_{max} , V_{m3km} and CV were 184.8 ± 27.7 ; 182.8 ± 27.9 ; 211.1 ± 30 ; 213.4 ± 32.2 and 199.8 ± 30.4 m.min⁻¹, respectively. Despite the high correlation between the parameters studied, the CV overestimated the IAT and IGT ($P < 0.001$). However, no significant differences were verified between V_{max} and V_{m3km} ($P > 0.05$). We concluded that the V_{m3km} can be used for V_{max} estimation and that CV identification on track may be useful for aerobic evaluation as well as for delimiting the high to severe exercise intensity domains. However, the CV does not seem to be a good estimation of anaerobic threshold for physically active individuals.

RESUMEN

Comparación entre protocolos directos e indirectos de evaluación de la aptitud aeróbica en individuos fisicamente activos

El umbral anaeróbico individual (IAT), el umbral glucémico individual (IGT), la velocidad asociada al $\dot{V}O_{2max}$ (V_{max}), la velocidad media de carrera de 3.000m (V_{m3km}) y la velocidad crítica (VC) están estudiados junto con la evaluación aeróbica y la prescripción del ejercicio para atletas corredores. Sin embargo, los estudios que comparan estos parámetros y su posible aplicación para personas no atletas no ha sido realizados aún. Los objetivos del presente estudio fueron el de comparar y establecer las relaciones entre IAT, IGT, V_{max} , V_{m3km} y VC en individuos fisicamente activos no atletas. Once individuos, fisicamente activos y saludables ($20,7 \pm 1,8$ años; 74 ± 14 kg; $48,8 \pm 5,9$ mlO₂.kg.min⁻¹), realizaron al azar los siguientes tests de carrera en días distintos: 1) determinación de V_{m3km} a partir del desempeño de carrera de 3.000 metros, 2) desempeño en carrera de 500 metros, 3) test incrementado en cinta ergométrica para determinación de IAT, IGT, $\dot{V}O_{2max}$ y V_{max} . La VC fué determinada por regresión lineal (relación distancia tiempo) a partir de los tests de 3 kms y 500 metros. No fueron verificadas diferencias entre las velocidades de IAT e IGT ($184,8 \pm 27,7$ y $182,8 \pm 27,9$ m.min⁻¹; $P > 0,05$), y entre el V_{max} y el V_{m3km} ($211,1$

± 30 y $213,4 \pm 32,2 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$; $P > 0,05$). A pesar de la alta correlación entre las variables estudiadas, la VC ($199,8 \pm 30,4 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$) superestimó el IAT y el IGT ($P < 0,001$). Concluimos así que, la Vm3km puede ser utilizada como referencia del Vmax, y que la VC identificada en pista puede ser útil para evaluar la aptitud aeróbica e identificar los dominios de intensidad del ejercicio para los individuos jóvenes físicamente activos, más no como referencia del umbral anaeróbico.

INTRODUÇÃO

A avaliação aeróbia é possível pela determinação do consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2\text{max}}$) e da velocidade de corrida a ele associada (Vmax)^(1,2), bem como pelo limiar anaeróbio identificado a partir das respostas do lactato sanguíneo (lac) e glicemia (glic)⁽³⁻⁷⁾.

O Vmax é uma intensidade na qual o $\dot{V}O_{2\text{max}}$ pode ser atingido, e tem sido associada com a velocidade média empregada em corrida de 3.000m (Vm3km)^(1,2). Tem sido evidenciado ainda que a Vm3km apresenta alta correlação com a velocidade correspondente ao limiar anaeróbio individual (IAT), podendo ser utilizada para prever o limiar anaeróbio de corredores⁽⁶⁾.

Tem sido observado ainda que o protocolo do IAT identifica a maior intensidade de exercício que pode ser mantida em estado de equilíbrio dinâmico de lac⁽³⁾ e que este protocolo não sofre influência de pequenas alterações metodológicas como variação no número e duração dos estágios, bem como do tipo de aquecimento realizado previamente⁽⁸⁾.

Simões *et al.*⁽⁶⁾ verificaram similaridade entre as respostas da glic e do lac de corredores durante testes incrementais realizados em pista, e propuseram a identificação do limiar glicêmico individual (IGT), cuja intensidade não diferiu do IAT.

O $\dot{V}O_{2\text{max}}$, o Vmax, o IAT e o IGT têm sido utilizados na avaliação aeróbia^(1,6,7,9) e sua identificação depende de equipamentos caros (ex: esteira ergométrica, equipamento para análise ventilatória e analisadores de lactato e glicose), bem como da participação de profissionais experientes e utilização de técnicas invasivas para coletas sanguíneas. Como alternativa, protocolos não invasivos e de fácil aplicação têm sido propostos, destacando-se a aplicação de modelos matemáticos que possibilitam a identificação da velocidade crítica (VC) a partir da relação distância-tempo em testes de desempenho realizados em corrida, natação e ciclismo⁽⁹⁻¹⁵⁾.

A VC é um parâmetro de aptidão aeróbia que se tem mostrado sensível ao treinamento de *endurance*⁽¹⁶⁾, apresenta alta correlação com o limiar anaeróbio^(15,17,18) e pode ser identificada a partir de modelos lineares e hiperbólico⁽¹⁰⁾. A maioria dos estudos sobre VC foram realizados com atletas^(9,11-14) e, pelo que temos conhecimento, a literatura está carente de estudos investigando, em indivíduos não atletas, a relação entre a VC e outros parâmetros de aptidão aeróbia. A VC tem sido comparada com o limiar anaeróbio identificado tanto pela concentração fixa de $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ de lac⁽¹²⁾ conforme metodologia descrita por Heck *et al.*⁽¹⁹⁾, bem como a partir de técnicas considerando o comportamento individual da resposta do lac⁽¹³⁾ e ventilação⁽²⁰⁾, e tem sido demonstrado que VC pode superestimar a intensidade de limiar anaeróbio^(13,14,20).

Apesar de estudos anteriores terem relacionado o desempenho de corredores de meia-distância com o Vmax, VC e limiar anaeróbio^(9,10,20,21), pelo que temos conhecimento os parâmetros VC, Vmax, Vm3km, IAT e IGT ainda não foram comparados para indivíduos fisicamente ativos não-atletas.

OBJETIVOS

Comparar as intensidades associadas ao IAT, IGT, Vmax, VC e Vm3km e analisar a possibilidade de utilização de testes indiretos na avaliação e prescrição de intensidades de exercícios para indivíduos fisicamente ativos – não atletas.

MÉTODOS

Participaram deste estudo 11 estudantes de Educação Física (tabela 1), saudáveis, que praticavam atividades físicas no mínimo duas vezes semanais sem fins competitivos. Os procedimentos deste estudo foram aprovados pelo comitê local de ética de pesquisa em seres humanos e todos os participantes responderam a um questionário de anamnese e assinaram um termo de consentimento informado sobre os procedimentos, os riscos e os benefícios decorrentes de sua participação.

Antes de serem submetidos a testes físicos, os voluntários participaram de um programa de adaptação de quatro semanas, consistindo de duas sessões semanais de exercícios de coordenação motora, alongamentos musculares, corridas em velocidade submáxima e alguns ensaios dos testes a serem aplicados na metodologia do presente estudo. Os ensaios incluíram corridas ritmadas de 500m e 3.000m a fim de proporcionar um aprendizado sobre a execução de testes a serem aplicados nestas distâncias para determinação da VC.

Ao término do período de adaptação foram realizados testes específicos, os quais eram precedidos de 15 minutos de aquecimento e alongamentos musculares. Cada participante recebeu orientação para se hidratar adequadamente e ingerir as refeições no mínimo três horas antes dos testes, além de abster-se da realização de exercícios durante as 48 horas que antecederam sua participação.

TABELA 1
Características dos indivíduos estudados

n = 11	Idade (anos)	Peso (kg)	$\dot{V}O_{2\text{max}}$ ($\text{mlO}_2\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$)
Média	20,7	74,2	48,9
\pm DP	1,8	14,5	5,8

Determinação da Vm3km e VC

A Vm3km foi obtida através de uma corrida de 3.000m realizada no menor tempo possível. A VC foi determinada por modelo linear utilizando-se da relação distância-tempo a partir do desempenho em corrida nas distâncias de 3.000m e 500m, os quais foram mensurados em pista e em dias distintos. A inclinação da reta de regressão linear definiu a VC, conforme proposto por Hill⁽¹⁰⁾ (figura 1).

Determinação do IAT e IGT

Seguindo metodologia utilizada por Simões *et al.*^(6,7), o teste foi realizado em esteira ergométrica (Johnson JET 7000, USA) a 1% de inclinação, velocidade inicial correspondente a 75% da Vm3km e incrementos de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada três minutos com 1min de pausa para coleta de 25ml de sangue capilarizado do lóbulo da orelha. As amostras sanguíneas eram depositadas em tubos Eppendorf contendo 50ml de NaF 1% para dosagens de lac e glic (YSI 2300 STAT plus – Ohio USA).

A frequência cardíaca (FC) foi monitorada durante todo o teste (Polar Sport Tester, Finland). Quando os voluntários atingiam 95% da FC máxima teórica definida previamente pela equação de Wilson & Tanaka⁽²²⁾, e/ou quando a percepção subjetiva de esforço apontada pelo voluntário chegasse a 17 na escala proposta por Borg⁽²³⁾, a velocidade era mantida e apenas a inclinação da esteira era aumentada em 1% a cada minuto, sem pausas, até a exaustão voluntária do participante^(7,24).

Amostras de sangue também eram coletadas a cada três minutos durante 12 minutos de recuperação pós-exercício para análise da cinética do lac e identificação do IAT (Stegmann *et al.*)⁽³⁾. O IGT foi identificado como a velocidade correspondente ao momento em que a glic apresentava um aumento durante o teste (figura 2).

Determinação do $\dot{V}O_{2max}$ e V_{max}

O $\dot{V}O_{2max}$ foi determinado no mesmo teste incremental aplicado para identificação do IAT e IGT. Variáveis ventilatórias eram mensuradas durante os 20 segundos finais de cada estágio ($\dot{V}O_{2000}$ Aerospport-Medgraphics) e o $\dot{V}O_2$ obtido ao final do teste (momento de exaustão voluntária) foi considerado $\dot{V}O_{2max}$.

A velocidade de corrida associada ao $\dot{V}O_{2max}$ (V_{max}) foi determinada através do método proposto por Di Prampero⁽²⁵⁾ como segue:

$$V_{max} = \dot{V}O_{2max} \cdot C^{-1} \quad C = \dot{V}O_{2 \text{ submáximo}} \cdot \text{carga}_{\text{submáximo}}^{-1}$$

Onde: $\dot{V}O_{2 \text{ submáximo}}$: consumo de O_2 em carga submáxima. $\text{carga}_{\text{submáximo}}$: velocidade em estágio anterior ao início do aumento na inclinação da esteira durante teste incremental. **C**: custo de O_2

Análise estatística

Os dados estão representados em média e desvio-padrão. ANOVA para medidas repetidas com teste de *Tukey-Kramer* como "post-hoc" foram utilizados para comparar as velocidades do IAT, IGT, V_{max} , VC e V_{m3km} . Correlações entre as variáveis foram determinadas aplicando-se teste de correlação de Pearson. Foi aceito nível de significância de $p < 0,05$.

RESULTADOS

A determinação da VC, IAT e IGT para todos os participantes foi similar ao representado nas figuras 1 e 2. Os resultados médios das velocidades correspondentes ao IAT, IGT, VC, V_{max} e V_{m3km} estão apresentados na tabela 2.

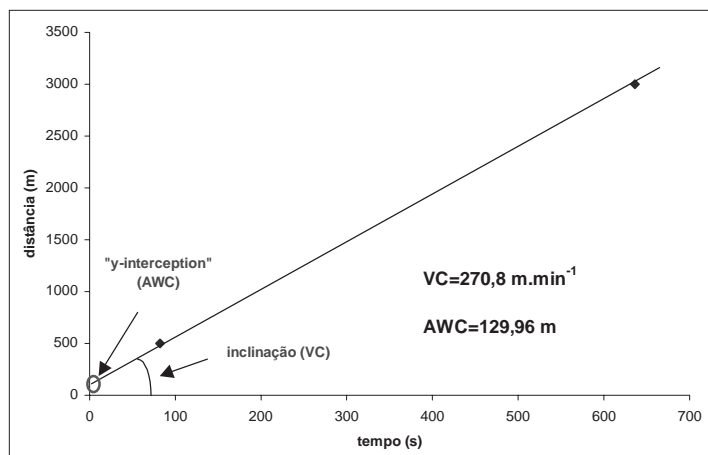


Fig. 1 – Determinação da VC para um participante por modelo linear (relação distância-tempo) a partir dos testes de 3.000m e 500m. A inclinação da reta de regressão define a VC.

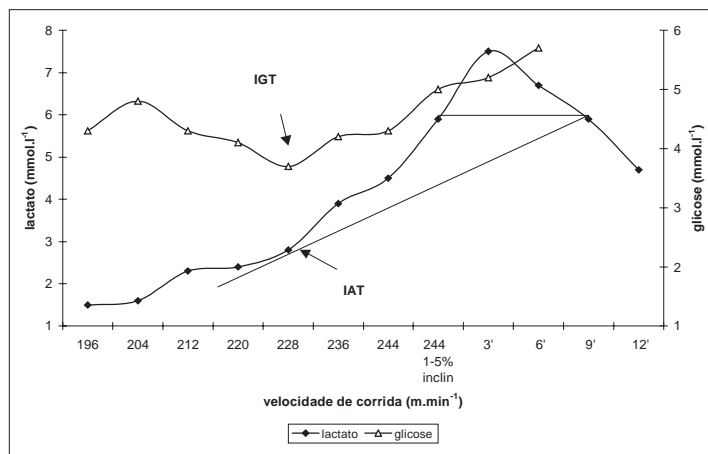


Fig. 2 – Teste incremental em esteira ergométrica para identificação do IAT, IGT, $\dot{V}O_{2max}$ e V_{max} para um indivíduo (modificado de Simões et al.⁽⁷⁾).

ANOVA mostrou não haver diferenças estatisticamente significantes entre V_{max} e V_{m3km} , bem como entre IAT e IGT (tabela 2), e todos os parâmetros foram altamente correlacionados entre si (tabela 3). A VC, o IAT e V_{max} , apesar de altamente correlacionados, foram diferentes entre si ($P < 0,001$), refletindo portanto parâmetros diferentes.

TABELA 2

Resultados das velocidades ($m \cdot min^{-1}$) referentes aos parâmetros estudados

	V_{max} ($m \cdot min^{-1}$)	V_{m3km} ($m \cdot min^{-1}$)	VC ($m \cdot min^{-1}$)	IAT ($m \cdot min^{-1}$)	IGT ($m \cdot min^{-1}$)
Média	211,1	213,4	199,8*	184,8*	182,8*
± DP	30	32,2	30,4	27,7	27,9

♦: $p < 0,001$ em relação V_{max} , V_{m3km} e VC.

♣: $p < 0,001$ em relação a todos os parâmetros.

TABELA 3

Correlação entre os parâmetros estudados

	VC	IAT	V_{max}	IGT
V_{m3km}	$r = 0,99^*$	$r = 0,97^*$	$r = 0,92^*$	$r = 0,97^*$
VC	-	$r = 0,97^*$	$r = 0,94^*$	$r = 0,98^*$
IAT	-	-	$r = 0,96^*$	$r = 0,99^*$
V_{max}	-	-	-	$r = 0,95^*$

* $p < 0,0001$

DISCUSSÃO

A alta correlação observada entre as variáveis estudadas sugere que, além da utilização de testes diretos (com mensurações de lac, glic e $\dot{V}O_2$), a aptidão aeróbia também pode ser avaliada a partir de testes indiretos não invasivos, como a determinação da VC e V_{m3km} . No presente estudo não foram observadas diferenças entre os parâmetros V_{max} e V_{m3km} e nem entre IAT e IGT. Já a VC foi menor que o V_{max} e V_{m3km} , e superestimou em aproximadamente 8,7% o IAT e IGT, sugerindo que a VC não deve ser utilizada como referência de limiar anaeróbio.

A similaridade observada entre os resultados de V_{max} e V_{m3km} está de acordo com outros estudos realizados em corredores^(1,26-28). Porém, a contribuição do presente estudo é que estes resultados puderam ser observados também em indivíduos fisicamente ativos não-atletas, sugerindo que a utilização de resultados de desempenho em corrida, como a V_{m3km} , é um método prático e de baixo custo para profissionais de Educação Física que queiram avaliar seus alunos/clientes e prescrever treinamento individualizado.

A identificação do V_{max} é muito importante, tendo se mostrado eficaz para avaliação e prescrição de intensidades de treinamento em corredores fundistas⁽²⁾. Os efeitos do treinamento sobre o V_{max}/V_{m3km} em indivíduos não atletas ainda precisa ser investigado. No entanto, Smith *et al.*⁽²⁾ evidenciaram em atletas corredores uma evolução significativa no $\dot{V}O_{2max}$ e no desempenho em corrida de meia distância (melhora da V_{m3km}) após treinamentos na intensidade do V_{max} .

Com relação à determinação do limiar anaeróbio a partir das respostas de lac e glic, nossos resultados indicam que o IAT e o IGT refletem o mesmo parâmetro (tabela 2). Uma explicação para o aumento da glic após atingir o limiar anaeróbio durante testes incrementais (figura 2) é que a atividade adrenérgica e a liberação de hormônios hiperglicemiantes – como a adrenalina, glucagon e cortisol – estão aumentados em intensidades acima do limiar anaeróbio⁽²⁹⁾, resultando em aumento da glic e possibilitando a identificação do IGT^(6,7,29). A identificação de um limiar glicêmico e a possibilidade de utilizar este parâmetro para delimitar domínios de intensidade com predomínio de captação e produção de glic é relevante e precisa ser melhor investigada. Estudos sobre a identificação do IGT e sua aplicação em diabéticos têm sido realizados

pelo nosso grupo de pesquisa e temos observado que intensidades abaixo do IGT parecem ser adequadas para promover um melhor controle da glicemia em indivíduos apresentando hiperglicemia⁽³⁰⁾.

Com relação à VC, mesmo utilizando-se de apenas duas séries preditivas para a sua identificação (distâncias de 500m e 3.000m), os resultados obtidos estão de acordo com outros estudos sugerindo que a VC é ligeiramente superior ao limiar anaeróbico e inferior ao V_{max} ^(11,14,15,20,31). Assim, apesar da validade da VC como um parâmetro de aptidão aeróbia ter sido investigada e discutida por diversos autores, nossos resultados reforçam que o IAT e a VC identificam intensidades diferentes e que a VC não pode ser utilizada como referência de limiar anaeróbico.

Por outro lado, a VC apresentou alta correlação com os demais parâmetros, indicando que sua determinação em pista pode ser uma alternativa prática, de baixo custo e acessível para avaliar indivíduos jovens e fisicamente ativos. Além disso, sua identificação tem sido proposta como um método de baixo custo que, além de avaliar a aptidão aeróbia e prever o desempenho em provas de *endurance*⁽²⁰⁾, permite delimitar os domínios de intensidade alta e severa⁽³²⁾. Gaesser e Poole⁽³³⁾ definiram três domínios de intensidade de exercício, baseados em seus diferentes perfis metabólicos: a) moderada, que equivale à intensidades abaixo ou no "limiar anaeróbico"; b) intensidade alta, a qual é superior ao limiar anaeróbico mas não ultrapassa a potência crítica ou velocidade crítica; e c) o domínio severo, que compreende intensidades acima da potência crítica ou velocidade crítica.

Em intensidades correspondentes à "potência crítica" ou "velocidade crítica", o $\dot{V}O_2$ atinge um estado de equilíbrio. Em contrapartida, em intensidades acima da potência crítica (ex. 8-10% acima da potência crítica), o $\dot{V}O_2$ pode atingir o seu valor máximo ($\dot{V}O_{2max}$)⁽³⁴⁾. Hill *et al.*⁽³²⁾ observaram, em testes realizados em cicloergômetro, que o limite superior da intensidade severa é uma intensidade acima da qual a exaustão ocorreria antes que o $\dot{V}O_{2max}$ fosse atingido e recebeu denominação de domínio extremo. Estes autores identificaram que o limite superior do domínio severo e o limite inferior do domínio extremo ocorriam a aproximadamente

135% da potência crítica, enquanto que o limite inferior do domínio severo era simplesmente acima da potência crítica. Com base nestes argumentos a identificação da VC, como no presente estudo, permite avaliar a aptidão aeróbia e identificar, pelo menos, os domínios de intensidade "alta" e "severa", oferecendo assim subsídios para seleção de intensidades de exercício dentro de domínios de intensidade de interesse.

A V_{max} e V_{m3km} corresponderam a aproximadamente 107% da VC, ou seja, intensidades dentro do domínio severo que possibilitariam que o praticante atingisse o $\dot{V}O_{2max}$ durante exercícios nesta intensidade. Já para o domínio de alta intensidade, poderiam ser selecionadas intensidades abaixo da VC (e acima do IAT)⁽²⁾; nossos resultados evidenciaram que a VC e as velocidades de limiar anaeróbico (IAT e IGT) corresponderam a 94 e 87% da V_{m3km} (ou do V_{max}), respectivamente, sugerindo ainda que intensidades relativas à V_{m3km} possam ser utilizadas para estimar e/ou prescrever exercícios dentro dos domínios de intensidade de interesse (intensidade moderada, alta ou severa).

CONCLUSÕES

Concluimos que a V_{m3km} e V_{max} , bem como o IAT e IGT, refletem o mesmo parâmetro enquanto que a VC superestima o IAT e o IGT e não deve ser utilizada como referência de limiar anaeróbico. Finalmente, sugerimos que a VC e o V_{max} (ou V_{m3km}) podem ser úteis na caracterização do domínio de intensidade em que o exercício é realizado, possibilitando sua aplicação na prescrição de treinamento.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à Universidade de Mogi das Cruzes pelo apoio financeiro através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

- Hill DW, Rowell AL. Responses to exercise at the velocity associated with $\dot{V}O_{2max}$. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29:113-6.
- Smith TP, McNaughton LR, Marshall KJ. Effects of 4-wk training using V_{max} /Tmax on $\dot{V}O_{2max}$ and performance in athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:892-6.
- Stegmann H, Kindermann W, Schnabel AF. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int J Sports Med* 1981;2:160-5.
- Coen B, Urhausen A, Aguilar L, Weillr B, Kindermann W. Control of training in middle and long-distance running by means of the individual anaerobic threshold. *Int J Sports Med* 1991;12:519-24.
- Schuetz W, Traeger K, Anhaeupl T, Schanda S, Rager C, Vogt J, et al. Adjustment of metabolism, catecholamines and b-adrenoreceptor to 90 min of cycle ergometry. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1995;70:81-7.
- Simões HG, Campbell CSG, Kokubun E, Denadai BS, Baldissera V. Blood glucose responses in human mirror lactate responses for individual anaerobic threshold and for lactate minimum in track tests. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1999;80:34-40.
- Simões HG, Campbell CSG, Katsanos C, Nakamura A, Kushinick M, Baldissera V, et al. Blood glucose threshold and the metabolic responses to incremental exercise tests with and without prior lactic acidosis induction. *Eur J Appl Physiol* 2003;89:603-11.
- Coen B, Urhausen A, Kindermann W. Individual anaerobic threshold: methodological aspects of its assessment in running. *Int J Sports Med* 2001;22:8-16.
- Denadai BS, et al. Avaliação aeróbia: Determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo. 1ª ed. Rio Claro, SP: Motrix, 2000.
- Hill DW. The critical power concept: a review. *Sports Med* 1993;4:237-54.
- Housh TJ, Devries HA, Housh DJ, Tichy MW, Smyth KD, Tishy AM. The relationship between critical power and the onset of blood lactate accumulation. *J Sports Med Phys Fitness* 1991;31:31-6.
- Kokubun E. Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbico em natação. *Revista Paulista de Educação Física* 1996;1:5-20.
- Martin L, Whyte GP. Comparison of critical swimming velocity and velocity at lactate threshold in elite triathletes. *Int J Sports Med* 2000;21:366-8.
- McLellan TM, Cheung KSY. A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24:543-50.
- Wakayoshi K, Ikuta K, Yoshida T, Udo M, Moritani T, Mutoh Y, et al. Determination and validity of critical velocity as and index of swimming performance in the competitive swimmer. *Eur J Appl Physiol* 1992a;64:153-7.
- Jenkins DJ, Quigley BM. Endurance training enhances critical power. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24:1283-9.
- Denadai BS, Greco CC, Donega MR. Comparação entre velocidade do limiar anaeróbico e a velocidade crítica em nadadores com idade entre 10 a 15 anos. *Revista Paulista de Educação Física* 1997;2:128-33.
- Wakayoshi K, Yoshida M, Udo M, Moritani T, Mutoh Y, Miyashita M. A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. *Int J Sports Med* 1992b;13:367-71.
- Heck H, Mader A, Hess G, Mucke S, Muller R, Hollmann W. Justification of the 4 mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med* 1985;6:117-30.
- Kranenburg KJ, Smith DJ. Comparison of critical speed determined from track running and treadmill tests in elite runners. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:614-8.
- Campbell CSG. Regressão linear. In: Denadai BS, editores. Avaliação aeróbia: determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo. 1ª ed. Rio Claro, SP: Motrix, 2000.
- Wilson TM, Tanaka H. Meta-analysis of the age-associated decline in maximal aerobic capacity in men: relation to training status. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2000;278:829-34.

23. Borg GAV. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1985;14:377-81.
24. Jones AM, Doust JH. The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:1304-13.
25. Di Prampero PE. The energy cost of human locomotion on land and in water. *Int J Sports Med* 1996;5:55-72.
26. Grant S, Craig I, Wilson J, Aitchison T. The relationship between 3 km running performance and selected physiological variables. *J Sports Sci* 1997;15:403-10.
27. Daniels J, Scardina N, Hayes J, Foley P. Elite and subelite female middle- and long-distance runners. In: *Sport and Elite Performers*. D.M. Landers Champaign, IL: Human Kinetics, 1984;57-72.
28. Lacour JR, Padilla-Magunacelaya S, Barthélémy JC, Dormois D. The energetics of middle-distance running. *Eur J Appl Physiol* 1990;69:38-43.
29. Simões HG. Respostas hormonais e metabólicas durante os testes de determinação do limiar anaeróbio individual (IAT) e ponto de equilíbrio entre produção e remoção do lactato sanguíneo (LM). Tese de Doutorado, Departamento de Ciências Fisiológicas Universidade Federal de São Carlos-UFSCAR, São Carlos-SP, 2002.
30. Simões HG. Limiar glicêmico. In: Denadai BS, editores. *Avaliação aeróbia: determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo*. 1ª ed, Rio Claro, SP: Motrix, 2000.
31. Housh DJ, Housh TJ, Bauge SM. A methodological consideration for determination of critical power and anaerobic work capacity. *Res Q Exerc Sport* 1990;61:406-9.
32. Hill DW, Poole DC, Smith JC. The relationship between power and the time to achieve $\dot{V}O_{2max}$. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:709-14.
33. Gaesser GA, Poole DC. The slow component of oxygen uptake kinetics in human. *Exerc Sport Sci Rev* 1996;24:35-71.
34. Poole DC, Ward SA, Gardner G, Whipp BJ. A metabolic and respiratory profile for prolonged exercise in man. *Ergonomics* 1988;31:1265-79.